

PEMBUATAN SIMULATOR TETESAN AIR HUJAN UNTUK PENGUJIAN TEGANGAN GAGAL ISOLATOR GANTUNG PADA KONDISI HUJAN

Brian Bramantyo¹, T.Haryono², Suharyanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

²Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

Abstrak

Salah satu pokok pengujian tegangan tinggi bolak-balik untuk isolator tegangan tinggi adalah pengujian lompatan dalam suasana basah yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik tegangan gagal isolator yang dipasang di luar (outdoor) dalam kondisi hujan. Pengujian ini menggunakan alat pengujian basah yang memiliki konstruksi khusus yang memiliki standar penyiraman 3 mm/menit dengan menggunakan nozzle untuk menyiramkan air dengan konduktivitas 100 μS pada isolator yang diuji. Isolator yang dipasang di luar (outdoor) seperti isolator gantung pada saluran transmisi dan distribusi memiliki data tegangan loncat basah berdasarkan pengujian dari pabrikan isolator tersebut berdasarkan standar pengujian basah IEC 60 yang berlaku. Pembuatan Simulator tetesan air hujan digunakan untuk menguji tegangan loncat atau flashover dua isolator gantung 7.5 kV dan 10 kV masing-masing satu sirip. Tegangan loncat basah untuk satu sirip isolator gantung 7.5 kV adalah 43.3 kV AC dari hasil pengukuran menggunakan simulator tetesan air hujan dibandingkan dengan nilai 35 kV AC dari data pabrik, sedangkan untuk satu sirip isolator gantung 10 kV diperoleh nilai tegangan loncat sebesar 96.93 kV AC dari pengukuran menggunakan simulator tetesan air hujan dibandingkan dengan nilai 80 kV AC dari data pabrik.

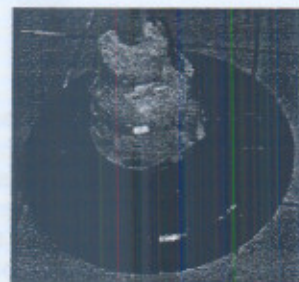
Kata Kunci: pengujian lompatan dalam suasana basah, alat pengujian basah, IEC 60, Simulator tetesan air hujan, isolator gantung 7.5 kV dan 10 kV.

1. Pendahuluan

Sistem transmisi tegangan tinggi yang menggunakan SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) memiliki tegangan kerja yang tinggi (sekitar 500 kV) untuk mengurangi besarnya kerugian berupa jatuh tegangan yang disebabkan oleh pengiriman tenaga listrik dengan jarak yang jauh. Tingginya tegangan kerja yang dimiliki membuat SUTET, SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi), maupun jaringan distribusi diperlengkapi dengan suatu sistem isolasi yang memastikan tidak adanya kontak langsung antara tiang penyangga dengan penghantar tegangan tingginya. Setiap jenis isolator yang digunakan, biasanya memiliki data tegangan loncat tertentu yang merupakan hasil pengujian dari pabriknya. Namun, tegangan loncat dari isolator ini dapat berubah oleh karena pengaruh alam, contohnya seperti paparan sinar matahari dengan kandungan radiasi ultraviolet yang dapat menyebabkan proses penuaan, pemuatan dan penyusutan karena perubahan suhu, pengotoran oleh karena pengotor tertentu, maupun pengaruh kondisi hujan maupun salju [1].

Makalah ini akan meneliti pengaruh curah hujan pada tegangan gagal suatu isolator dengan

membuat sebuah simulator hujan untuk menguji tegangan loncat basah dari isolator 7.5 kV dan 10 kV.



Gbr.1 Isolator Gantung 10 kV

2. Metode Pengujian Tegangan Loncat Basah Standar IEC 60 dan Perancangan Simulator Tetesan Hujan

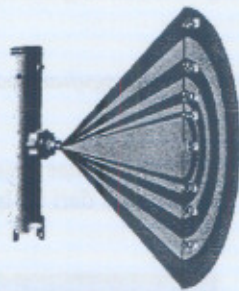
Pengujian dalam suasana basah dimaksudkan untuk menirukan keadaan udara pada waktu hujan, salju dan sebagainya. Oleh karena air hujan memiliki nilai hantar listrik tertentu, maka tegangan pelepasan dari alat-alat listrik yang dipasang di luar menjadi berkurang pada waktu alat-alat tersebut menjadi basah karena hujan [1]. Standar IEC pertama kali dibuat pada tahun 1930

dengan persyaratan hujan vertikal dan horizontal dengan curah hujan 3 mm/menit dan konduktivitas air hujan sebesar $100\mu\text{S}$. Saat ini, IEC 60 diperbaharui dengan menurunkan intensitas hujan menjadi 1-2 mm untuk isolator yang lebih besar dari 400 kV[2].

Berdasarkan ilmu hidrologi, terdapat beberapa kriteria yang diharuskan ada untuk membuat sebuah simulasi hujan yang dinyatakan sebagai berikut :

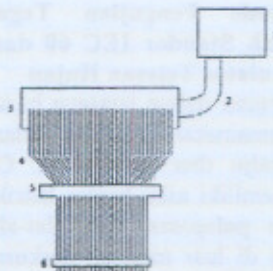
1. Distribusi ukuran tetes air hujan yang harus mendekati hujan pada kenyataannya [3].
2. Kecepatan jatuhnya sesuai dengan kecepatan jatuh hujan [4].
3. Intensitas hujan seragam [4].
4. Sudut jatuh yang tegak lurus [4]

Peralatan pengujian basah yang sering digunakan biasanya menggunakan *nozzle*, namun alat tersebut kurang mampu merepresentasikan hujan pada kenyataannya terutama dalam perihal sudut jatuh tetes air hujan terhadap bumi/garis horizontal dan interval antara tetesan.



Gbr.2 Sudut pancaran nozzle

Salah satu konsep yang dapat digunakan untuk menghasilkan tetesan air dapat ditemukan pada peralatan infus. Konsep regulasi dari infus adalah dengan menjepit selang infus dengan ketebalan tertentu untuk mendapatkan aliran tetesan air dengan kecepatan tertentu. Hal tersebut menjadi dasar pembuatan simulator tetesan air hujan dengan rancangan simulator sebagai berikut :



Gbr 3. Rancangan simulator tetesan hujan

Simulator tersebut terdiri dari : Bak penampung sampel air hujan (1), Saluran masukan (2), Pipa utama (3), Selang plastik dengan campuran silikon (4), Regulator tetesan (5), dan Papan pengatur jarak tetesan antar selang (6).

Berdasarkan hasil pengaturan pada regulator (pengencangan dilakukan pada kisaran 1.5 mm ke 1.4 mm) sehingga diperoleh kalibrasi sebagai berikut :

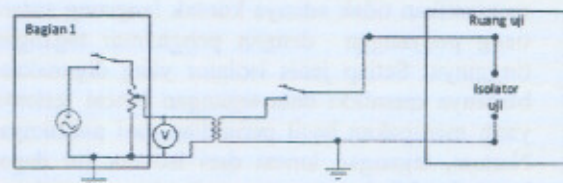
1. Untuk hujan sangat deras, maka digunakan ketebalan 1.5 mm dengan curah 17.5 mm/menit.
2. Untuk hujan deras, maka digunakan ketebalan 1.5 mm dengan curah 10 mm/menit.
3. Untuk hujan menengah, maka digunakan ketebalan 1.425 mm dengan curah 5 mm/menit.
4. Untuk hujan ringan, simulator tetesan hujan mengalami kesulitan kalibrasi karena selang menjadi tidak elastis.



Gbr.4 Simulator tetesan hujan pada ruang uji kaca $1 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$

3. Pengujian Tegangan Loncat Basah dengan Simulator Tetesan Hujan pada Isolator Gantung 7.5 kV dan 10 kV

Pengujian tegangan loncatan basah menggunakan rangkaian sebagai berikut



Gbr.5 Rangkaian pengujian tegangan loncatan basah

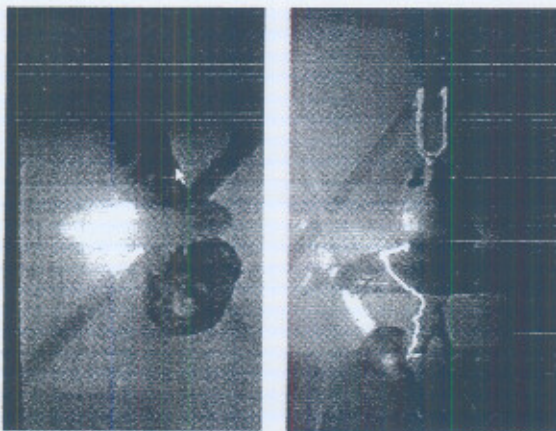
Rangkaian tersebut menggunakan sebuah trafo penguji yang tegangan masukannya diatur oleh resistor geser yang digerakkan oleh motor servo, sebuah multimeter untuk pembacaan tegangan primer trafo dan rangkaian kabel seperti

pada gambar 5. Pada percobaan tegangan gagal isolator gantung 7.5 kV dan 10 kV, digunakan faktor koreksi terhadap suhu dan tekanan udara dengan perumusan :

$$V_s = V_B \frac{0.396 p_B}{273 + t_B} \quad (1)$$

Tabel 1 Hasil percobaan tegangan gagal standar isolator gantung 7.5 kV dan 10 kV

Isolator	Kondisi kering (72 %; 987.5 mBar dan 26.5 °C)	Hujan menengah (79 %; 988.5 mBar dan 26.5 °C)	Hujan deras (79 %; 988 mBar dan 26 °C)	Hujan sangat deras (80.5 %; 989 mBar dan 26.5 °C)
7.5 kV Ø 7"	67.793 kV AC	45.732 kV AC	43.512 kV AC	40.649 kV AC
10 kV Ø 10"	96.932 kV AC	69.037 kV AC	67.788 kV AC	61.600 kV AC



Gbr.6 Lompatan api pada saat isolator 7.5 kV (kiri) dan 10 kV (kanan) mengalami flasover



Gbr.7 Grafik perbandingan tegangan loncatan basah dan kering antara isolator gantung 7.5 kV dan 10 kV

4. Pembahasan Hasil Pengujian

Setelah didapatkan data spesifikasi pabrikan isolator, maka diperoleh perbandingan hasil tegangan loncatnya :

Tabel 2 Perbandingan tegangan gagal hasil pengujian dengan data pabrik.

	Tegangan flashover kering (dalam kV)			Tegangan flashover basah (dalam kV)		
	Data Pabrik	Tabel Antono A.	Simulator	Data Pabrik	Tabel Antono A.	Simulator (rata-rata)
7.5 kV Ø 7"	65	60	67.79	35	32	43.30
10 kV Ø 10"	80	80	96.93	50	50	66.14

Berdasarkan pembacaan dengan *conductivity meter*, air hujan yang digunakan memiliki daya hantar 13.1 μ S. Lain halnya dengan standar IEC dan JIS yang mengharuskan daya hantar oleh air yang disiramkan senilai 100 μ S. Walaupun konduktivitas rendah, tetesan air hujan dan kelembaban udara sekitar yang diatur sebesar 80% mempengaruhi tegangan loncat isolator tersebut. Dapat diperoleh beberapa hal yang menyebabkan adanya hubungan curah hujan dengan tegangan gagal isolator gantung pada kondisi basah :

1. **Hubungan curah hujan terhadap luas permukaan isolator.** Semakin luas permukaan dari isolator, maka semakin luas juga kontak air hujan terhadap permukaan isolator tersebut. Hal tersebut membuat penurunan hambatan permukaan semakin besar. Semakin deras curah hujan yang diberikan, maka tegangan loncat yang terjadi semakin rendah.
2. **Kondisi udara di sekitar isolator.** Kelembaban udara yang mencapai 80 % membuat komposisi H_2O pada udara di sekitar isolator tersebut makin tinggi. Ketidakteraturan medan listrik serta tingginya komposisi H_2O mempermudah tegangan tinggi yang diberikan untuk gagal melalui permukaan (*flashover*) daripada melalui material isolator tersebut.
3. **Kandungan senyawa kimia berupa garam-garam pada air hujan.** Melalui bantuan Laboratorium Kimia Analitik, didapatkan komposisi air hujan yang memiliki kandungan Ca 0.265 ppm, Mg 0.533 ppm, Na 794.112 ppm dan K 49.229 ppm. Kandungan garam-garam tersebut bersifat konduktif sehingga dapat menurunkan tegangan gagal isolator tersebut.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data pengukuran, diperoleh dari hubungan antara kenaikan curah hujan terhadap tegangan loncat basah dari suatu isolator gantung. Semakin tinggi curah hujan, maka tegangan loncat basah suatu isolator gantung akan semakin turun. Konsep regulasi infus pada simulator

tetes hujan berhasil memberikan pola tetesan hujan untuk area $35 \times 35 \text{ cm}^2$ yang menyerupai tetesan hujan pada kenyataannya. Namun dari segi kesatuan alat, simulator tetesan hujan ini masih memerlukan sebuah ruang uji yang dapat diatur suhu dan tekanannya agar dapat menyamai kondisi hujan yang sebenarnya.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik UGM atas perizinan penggunaan alat selama penulisan makalah ini.

7. Referensi

- [1] Arismunandar, Artono, "Teknik Tegangan Tinggi", Pradnya Paramita, Jakarta, 1994
- [2] IEC 60-1, "High Voltage Test Technique", Deuxime Edition, 2nd edition, 1986
- [3] Bubenzer, G. D. 1979. "Rainfall characteristics important for simulation", Department of Agriculture Science and Education Administration Agricultural Reviews and Manuals, ARM-W-10/July 1979. (a)
- [4] Laws, J. O., 1941. "Measurements of fall velocity of water drops and raindrops". Transactions of American Geophysics Union 22:709-721.